

Pendugaan Umur Simpan “Beras Cerdas” Berbasis Mocaf, Tepung Jagung Menggunakan Metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT) Pendekatan Arrhenius

Shelf Life Prediction of Beras Cerdas Made from Mocaf, Corn Flour Using Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) Method of Arrhenius Approach

Nurud Diniyah, Giyarto, Achmad Subagio, dan Resti Agustin Akhiriani

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Kampus Tegal Boto Jember 68121

mamorusan_82@yahoo.com / nurud.ftp@unej.ac.id

Riwayat Naskah: ABSTRAK : “Beras cerdas” merupakan beras tiruan yang dibuat dari bahan-bahan non beras dan non terigu dengan menggunakan ekstruder ulir ganda. Bahan baku “beras cerdas” meliputi mocaf, tepung jagung, susu skim, air, alginat, STPP, dan minyak sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur simpan “beras cerdas” menggunakan metode ASLT melalui pendekatan Arrhenius. Penentuan umur simpan “beras cerdas” dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah uji organoleptik dengan menggunakan sampel yang disimpan pada suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C untuk menentukan batas akhir penyimpanan berdasarkan parameter aroma dari penilaian panelis. Tahap kedua adalah penentuan umur simpan dengan metode Arrhenius berdasarkan perubahan kualitas produk selama penyimpanan. Lebih dari 50% panelis menyatakan “beras cerdas” beraroma tengik berakhir pada minggu ke-4 suhu 60°C. Reaksi yang sesuai dengan parameter nilai peroksida dan asam lemak bebas adalah reaksi orde nol. Nilai energi aktivasi terkecil digunakan untuk penentuan umur simpan produk yaitu nilai peroksida dengan regresi linier $y = -713,25x + 8,167$. Umur simpan “beras cerdas” adalah 3,40 minggu pada suhu 30 °C.

Diterima 04, 2015
Direvisi 05, 2015
Disetujui 06, 2015

Kata kunci: ASLT, “beras cerdas”, pendekatan Arrhenius

ABSTRACT: “Beras cerdas” is an artificial of rice made from non rice and non wheat raw material by twin screw extruder. The ingredients of “beras cerdas” were Mocaf, corn flour, skim milk, water, alginate, STPP, and palm oil. The objective of this study were to observe the shelf life of “beras cerdas” using ASLT method with Arrhenius approach. Determination of shelf life of “beras cerdas” carried out in two stages. The first stage was the organoleptic test using a sample stored at a temperature of 30 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C to determine the end point of storage life based on the parameters aroma of panelist assessment. The second stage was to determine the shelf life by the Arrhenius method based on changes in the quality of the product during storage. More than 50 % of panelists expressed rancid flavored “beras cerdas” ended at week 4. The reaction in accordance with the parameters of the peroxide value and free fatty acid is zero order reactio. The results showed that the parameter had the smallest activation energy was the critical parameters for the expired date. The peroxide value was used as a model in determining the expired date by linear regression $y = -713,25x + 8,167$. The expired date of beras cerdas was 3,40 weeks at 30 °C.

Keywords: arrhenius approach, ASLT, “beras cerdas”

1. Pendahuluan

Indonesia Kebutuhan beras di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya namun belum diimbangi dengan peningkatan produksi padi.

Kondisi tersebut mengakibatkan ketersediaan beras Indonesia belum bisa mencukupi kebutuhan. Pemenuhan kebutuhan beras dapat dilakukan dengan substitusi komoditi pangan lokal (*indigenous resources*) yang lain sebagai upaya

diversifikasi pangan. Substitusi pangan lokal dapat dilakukan dengan pembuatan “beras cerdas” berbahan pangan lokal.

Beras tiruan adalah beras yang dibuat dari non padi dengan kandungan karbohidrat mendekati atau melebihi beras yang terbuat dari tepung lokal atau tepung beras (Samad, 2003). Menurut Gumilar (2012), “beras cerdas” reguler dengan tidak adanya penambahan daun katuk dan kacang merah memiliki komposisi kimia yakni kadar air 7,80 %, kadar lemak 5,76 %, kadar abu 1,60 %, kadar protein 9,12 %, kadar serat kasar 6,80 %, dan kadar pati 61,06 %. Komposisi “beras cerdas” dapat terdiri dari mocaf, tepung jagung, dan bahan lainnya yang terdiri dari susu skim, air, alginat, garam, STPP, dan minyak sawit (Subagio *et al.*, 2012). Adanya kandungan lemak yang terdapat pada masing-masing bahan berpotensi memicu terjadinya perubahan kimiawi “beras cerdas” selama penyimpanan yang dapat mengurangi umur simpannya.

Umur simpan produk pangan adalah selang waktu antara saat produksi hingga konsumsi dimana produk berada dalam kondisi yang memuaskan berdasarkan karakteristik penampakan, rasa, aroma, tekstur dan nilai gizi (IFST, 1974). Perubahan kimiawi yang terjadi pada “beras cerdas” adalah oksidasi lemak. Selama penyimpanan, resiko komponen lemak mengalami oksidasi besar. Pendugaan umur simpan “beras cerdas” dilakukan dengan metode *Accelerated Shelf-Life Testing* (ASLT). Metode ini dilakukan dengan menggunakan suatu kondisi yang dapat mempercepat proses penurunan mutu pangan, seperti suhu (Rahayu, Arpah dan Diah, 2005). Peningkatan suhu menyebabkan perubahan mutu cepat terjadi, sehingga menyebabkan umur simpan pendek. Penelitian ini bertujuan untuk menduga umur simpan “beras cerdas” berbasis mocaf dan tepung jagung dengan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) melalui pendekatan Arrhenius.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini ialah “beras cerdas” yang diperoleh dari pabrik beras cerdas di Jalan Yos Sudarso, Kelurahan Kranjingan Kecamatan Sumbersari, Jember. Sedangkan bahan kimia dengan kualifikasi pro analisis digunakan sebagai bahan analisis meliputi: etanol netral 96%, indikator pp, larutan NaOH 0,1 N standar, larutan asam asetat-kloroform (3:2), larutan jenuh KI, larutan pati 1%, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N dan aquades.

2.2. Metode

Penentuan umur simpan “beras cerdas” ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu penentuan karakteristik mutu kritis dan penentuan umur simpan menggunakan metode *Arrhenius* berdasarkan perubahan mutu produk selama penyimpanan. Tahap pertama, penentuan mutu kritis dilakukan menggunakan uji organoleptik untuk menentukan batas akhir dari penyimpanan berdasarkan penilaian panelis. Sampel yang digunakan pada tahapan ini adalah sampel yang disimpan pada suhu 60 °C untuk uji organoleptik ini dilakukan setiap seminggu sekali dan berakhir ketika 50% panelis menyatakan menolak “beras cerdas”. Tahap kedua, penentuan umur simpan dengan pendekatan *Arrhenius* berdasarkan perubahan mutu “beras cerdas” selama penyimpanan. Tahapan ini meliputi penentuan perubahan mutu secara kimia, plot data kurva perubahan mutu (sumbu y) terhadap lama penyimpanan (sumbu x), dan \ln perubahan mutu (sumbu y) terhadap lama penyimpanan (sumbu x), penentuan ordo reaksi berdasarkan koefisien determinasi (R^2), plot kurva pra-eksponensial k ($\ln k$) versus suhu ($1/T$ dalam °K), penentuan energi aktivasi, dan prediksi umur simpan.

2.2.1. Preparasi sampel

Preparasi sampel dilakukan dengan mengemas “beras cerdas” menggunakan plastik polipropilen, kemudian sampel disimpan pada suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C (suhu penyimpanan dikondisikan pada suhu penyimpanan komersial dan di atas suhu penyimpanan untuk mempercepat terjadinya kerusakan).

2.2.2 Penentuan karakteristik mutu kritis beras cerdas

Penentuan batas umur simpan dapat dilakukan dengan uji organoleptik, dengan menetapkan persentase peluang penolakan konsumen terhadap produk (Hough, Garitta, Go’mez, 2006). Pengujian organoleptik (aroma) dilakukan oleh panelis semi terlatih sebanyak 7 orang (Gacula dan Kubala, 1975) yaitu mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang melakukan penelitian mengenai “beras cerdas” karena panelis sudah terbiasa dengan karakteristik sampel, dilakukan setiap seminggu sekali dan pada setiap pengamatan panelis yang digunakan tidak berubah. Sampel disimpan pada suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Dalam uji organoleptik, panelis diminta memutuskan apakah “beras cerdas” yang diuji masih dapat diterima atau ditolak. Batas akhir dari pengujian organoleptik ketika 50% panelis menolak produk tersebut. Uji organoleptik ini

dilakukan dengan metode *line scale*. Masing-masing panelis disajikan satu piring kecil yang terdiri empat sampel “beras cerdas” yang disimpan suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C dan satu piring berupa “beras cerdas” standar (segar atau baru diproduksi), kemudian panelis diminta untuk mengamati secara keseluruhan apakah produk tersebut sudah ditolak, lalu menentukan skor penolakan terhadap aroma. Berikut adalah skor penolakan aroma “beras cerdas” berbasis mocaf dan tepung jagung :

Parameter aroma:

- 1= Sama sekali tidak terdapat adanya perubahan aroma ketengikan
- 2= Sangat sedikit adanya perubahan aroma ketengikan
- 3= Sedikit ada adanya perubahan aroma ketengikan
- 4= Cukup terdeteksi terlihat adanya perubahan aroma ketengikan
- 5= Cukup kuat terdeteksi adanya aroma ketengikan
- 6= Terdeteksi dengan kuat dan jelas adanya aroma ketengikan

2.2.3 Pengujian umur simpan berdasarkan pendekatan Arrhenius

a. Plot kurva perubahan mutu (A) versus waktu (t)

Perubahan mutu produk yang diukur selama penyimpanan dengan analisis kimia, pada tahap ini diplotkan ke dalam kurva (A) (sumbu y) versus (t) (sumbu x), dan kurva ln (A) versus (t), sehingga masing-masing kurva akan didapatkan 4 (empat) persamaan linier $y = a + bx$ (persamaan pada suhu 30, 40, 50, dan 60 °C), dimana nilai slope (b) dan nilai konstanta (k).

b. Penentuan ordo reaksi

Ordo reaksi ditentukan dari persamaan kurva yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) yang lebih besar. Ordo nol ditentukan jika nilai R^2 persamaan pada kurva (A) vs (t) lebih besar dibandingkan dengan nilai R^2 pada persamaan kurva ln (A) vs (t). Sedangkan ordo satu ditentukan jika nilai R^2 persamaan pada kurva ln (A) vs (t) lebih besar dibandingkan dengan nilai R^2 pada persamaan kurva (A) vs (t).

c. Plot kurva pra-eksponensial k (ln k) versus suhu (1/T dalam K)

Nilai slope b persamaan yang digunakan berdasarkan ordo reaksi yang ditentukan. Pra-eksponensial (ln k) dari nilai slope kemudian diplotkan ke dalam kurva pra-eksponensial (ln k) (sumbu y) versus invers suhu (1/T dalam K) (sumbu x). Dari kurva nilai pra-eksponensial (ln k) versus invers suhu (1/T dalam K) akan dihasilkan persamaan linier $y = a + bx$ atau $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R) (1/T)$ atau disebut persamaan *Arrhenius*, dengan ln k_0 adalah intersep, E_a/R adalah slope, E_a

adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal yaitu 1,986 kal/mol K (Hermanianto, Arpah, dan Jati, 2000; Sithole, Mc Daniel, Goddik, 2005).

d. Penentuan energi aktivasi

Nilai slope (b) dari persamaan *Arrhenius* dikali dengan R akan menghasilkan nilai energi aktivasi (E_a kal/mol).

e. Prediksi umur simpan

Laju reaksi k pada suhu tertentu ditentukan dengan memasukkan nilai suhu T (K) ke dalam persamaan *Arrhenius*. Prediksi umur simpan didapatkan dari selisih perubahan mutu sesudah penyimpanan dengan sebelum penyimpanan dibagi nilai k (Lee and Krochta, 2002). Adapun rumus penentuan umur simpan adalah sebagai berikut:

$$t = (A_0 - A_t) / k \quad (\text{persamaan orde nol})$$

$$t = \ln(A_0 - A_t) / k \quad (\text{persamaan orde satu})$$

keterangan :

t = umur simpan beras cerdas (minggu)

A_0 = nilai atribut mutu di awal (hari ke – 0)

A_t = nilai atribut mutu di akhir (hari ke – t)

k = konstanta penurunan mutu

2.2.4 Analisis asam lemak bebas (Nielsen, 2011)

Pertama-tama 0,2 g sampel diletakkan dalam erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambahkan 50 ml alkohol netral yang panas dan 2 ml indikator pp, dan titrasi dengan larutan 0,1 N NaOH sampai warna merah jambu dan tidak hilang 30 detik. Rumus penentuan asam lemak bebas adalah :

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \times \text{BM asam lemak}}{\text{berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

2.2.5 Analisis angka peroksida (Sudarmadji dkk, 1997)

Uji angka peroksida dilakukan untuk mengetahui terjadinya reaksi oksidasi dalam bahan yang mengandung lemak. Sampel “beras cerdas” ditimbang seberat 1 g dalam labu erlenmeyer 250 ml, kemudian dimasukkan 30 ml campuran pelarut asam asetat:khloroform (3:2). Setelah beras cerdas larut, ditambahkan 0,5 ml larutan kalium iodida jenuh dan didiamkan selama 1 menit kadang kala digoyang, kemudian ditambahkan 30 ml aquades. Selanjutnya dilakukan titrasi 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warna kuning hampir hilang. Kemudian ditambahkan 0,5 ml larutan pati 1%. Selanjutnya dilakukan titrasi sampai warna abu-abu mulai hilang. Kadar angka peroksida ditentukan berdasarkan rumus :

$$\text{angka peroksida} = \frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ thio} \times 1000}{\text{berat sampel (g)}}$$

2.2.6. Analisis data

Data yang didapatkan dianalisis menggunakan metode regresi linier pada program Microsoft Excel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik mutu kritis "beras cerdas"

Penentuan mutu kritis "beras cerdas" dilakukan pada suhu penyimpanan 60 °C dengan tujuan untuk mempercepat kerusakan produk. Rata-rata jumlah panelis yang melakukan penolakan terhadap aroma "beras cerdas" yang dibuat dari Mocaf dan tepung jagung selama disimpan pada suhu 60°C dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Persentase penolakan panelis terhadap aroma "beras cerdas" selama penyimpanan pada suhu 60 °C

Lama Penyimpanan "Beras Cerdas" (Minggu Ke-)	% Penolakan Panelis
0	0
1	0
2	0
3	28,57
4	71,42

Berdasarkan Tabel 1, beras cerdas tersebut ditolak oleh 50% panelis setelah penyimpanan pada minggu ke-4 dengan persentase penolakan panelis terhadap aroma sebesar 71,42%. Skor penolakan terhadap aroma mengalami peningkatan selama penyimpanan dikarenakan aroma tengik pada "beras cerdas" berbasis Mocaf dan tepung jagung semakin terdeteksi. Setelah diketahui batas akhir penerimaan konsumen, selanjutnya dilakukan analisis kimiawi parameter mutu untuk menentukan nilai karakteristik mutu akhir "beras cerdas" (A_t). Nilai karakteristik mutu awal (A_0) dan nilai karakteristik mutu akhir "beras cerdas" (A_t) digunakan untuk menentukan umur simpan "beras cerdas" melalui plot umur simpan berdasarkan orde reaksinya. Adapun nilai karakteristik mutu awal (A_0) dan akhir (A_t) "beras cerdas" pada saat ditolak oleh panelis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Karakteristik nilai mutu awal (a_0) dan nilai mutu akhir (a_t) "beras cerdas" selama penyimpanan pada suhu 60 °C

No.	Parameter	Nilai Mutu	
		A_0	A_t
1.	Angka peroksida (meq/ kg sampel)	580,93	2125,69
2.	Kadar asam lemak bebas (%)	2,93	4,86

3.2. Kinetika Arrhenius berdasarkan perubahan mutu

Kinetika reaksi dasar dihitung dari masing-masing produk yang disimpan pada suhu 30, 40, 50 dan 60 °C melalui analisis kimia yang meliputi kadar air, angka peroksida dan asam lemak bebas.

3.3. Kadar peroksida

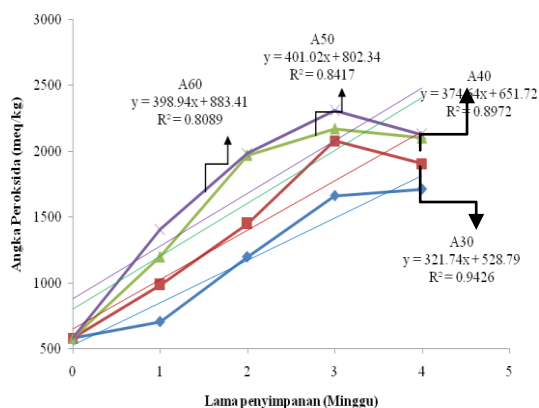
Laju pembentukan peroksida "beras cerdas" berbasis mocaf dan tepung jagung pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Laju terbentuknya peroksida pada "beras cerdas" pada berbagai suhu penyimpanan

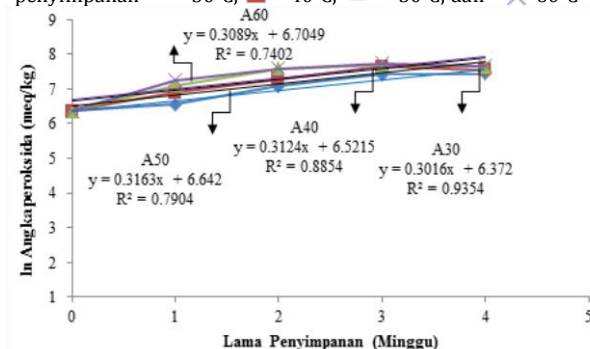
Lama Penyimpanan (Minggu ke-)	Laju Terbentuknya Peroksida (meq/kg sampel)			
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
0	580,93	580,93	580,93	580,93
1	707,01	985,86	1200,38	1407,47
2	1199,20	1451,28	1969,29	1985,00
3	1662,17	2079,74	2170,87	2307,38
4	1712,02	1907,20	2101,14	2125,69

Hasil pengamatan terhadap kadar peroksida pada berbagai suhu penyimpanan "beras cerdas" yang dibuat dari mocaf dan tepung jagung menunjukkan terjadinya peningkatan kadar peroksida pada awal masa penyimpanan hingga penyimpanan pada minggu ke-3 kemudian cenderung menurun lagi. Kenaikan angka peroksida di awal penyimpanan tersebut diduga karena sejumlah oksigen terikat pada ikatan rangkap asam lemak dan membentuk peroksida aktif. Penurunan kadar peroksida "beras cerdas" setelah minggu ke-3 penyimpanan diduga disebabkan peroksida yang terbentuk telah terurai menjadi hidroperoksida. Hal ini sesuai dengan pendapat Ketaren (1986) bahwa peroksida dapat berubah menjadi hidroperoksida dan senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek berupa aldehida dan keton yang bersifat *volatile*. Selama penyimpanan, diduga ikatan rangkap dalam asam lemak dapat teroksidasi seluruhnya membentuk peroksida dan peroksida yang terbentuk juga telah mengalami degradasi menjadi hidroperoksida. Dengan demikian, jika semua ikatan rangkap pada "beras cerdas" sudah teroksidasi seluruhnya maka tidak akan ada peroksida yang terbentuk sehingga jumlah peroksida dalam beras cerdas semakin menurun (Ketaren, 1986).

Plot perubahan mutu (sumbu y) terhadap lama penyimpanan (sumbu x) dan ln perubahan mutu (sumbu y) terhadap lama penyimpanan (sumbu x) disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Perubahan kadar peroksida beras cerdas pada suhu penyimpanan — 30°C, — 40°C, — 50°C, dan — 60°C



Gambar 2. Perubahan ln kadar peroksida "beras cerdas" pada suhu penyimpanan — 30°C, — 40°C — 50°C, dan — 60°C

Pemilihan kinetika orde reaksi dilakukan dengan cara membandingkan nilai koefisien korelasi (R^2) tiap persamaan regresi linier pada suhu yang sama dari reaksi orde nol (A diplotkan terhadap waktu) dan reaksi orde satu (ln A diplotkan terhadap waktu). Orde reaksi dengan nilai R^2 yang lebih besar merupakan orde reaksi yang digunakan (Labuza and Riboh, 1982). Selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan pada Tabel 4 yang merupakan persamaan regresi linier parameter angka peroksida pada orde nol dan orde satu.

Tabel 4

Persamaan regresi linier untuk perubahan peroksida (δe) orde nol dan orde satu pada "beras cerdas"

Suhu °C (K)	Orde Nol		Orde Satu	
	Persamaan Linier	R^2	Persamaan Linier	R^2
30 (303)	$Y = 321,74x + 528,79$	0,9426	$Y = 0,3016x + 6,372$	0,9354
40 (313)	$Y = 374,64x + 651,72$	0,8972	$Y = 0,3124x + 6,5215$	0,8854
50 (323)	$Y = 401,02x + 802,34$	0,8417	$Y = 0,3163x + 6,642$	0,7904
60 (333)	$Y = 398,94x + 883,41$	0,8089	$Y = 0,3089x + 6,7049$	0,7402

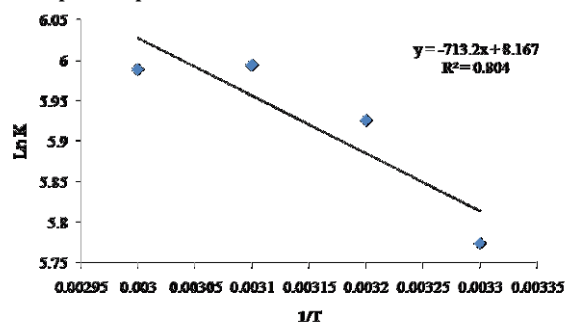
Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai R^2 orde nol pada suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C lebih besar dibanding R^2 pada orde satu. Ordo nol menunjukkan laju reaksi perubahan angka peroksida selama penyimpanan tidak dipengaruhi konsentrasi reaktan. Peningkatan maupun penurunan konsentrasi reaktan angka peroksida akan selalu memberikan pengaruh yang konstan terhadap laju reaksi perubahan angka peroksida, sehingga perubahan angka peroksida selama penyimpanan akan menghasilkan bentuk yang linier pada kurva (Anonymous, 2008; Keusch, 2010). Nilai k dan ln k masing-masing suhu penyimpanan pada orde satu akan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5

Nilai konstanta laju reaksi (k) dan ln k angka peroksida "beras cerdas" pada berbagai suhu penyimpanan

Suhu °C (K)	Nilai k	ln k
30 (303)	321,74	5,77
40 (313)	374,64	5,93
50 (323)	401,02	5,99
60 (333)	398,94	5,99

Selanjutnya, plot nilai ln k dan $1/T$ pada reaksi perubahan angka peroksida "beras cerdas" akan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Persamaan *Arrhenius* untuk perubahan angka peroksida (ΔE) "beras cerdas" selama penyimpanan

Persamaan *Arrhenius* berdasarkan parameter perubahan peroksida pada "beras cerdas" adalah $y = -713,25x + 8,1674$, dengan nilai R^2 sebesar 0,804, sehingga didapatkan nilai energi aktivasi ($-E_a$) = $(-713,25K^{-1}) \times (1,986 \text{ kal/mol}^\circ K) = -1416,51/\text{mol}$.

3.4. Kadar asam lemak bebas

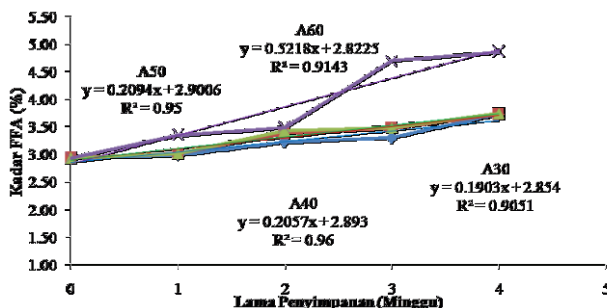
Asam lemak bebas atau FFA menunjukkan sejumlah asam lemak bebas yang terkandung oleh lemak yang rusak, terutama karena peristiwa oksidasi dan hidrolisis (Gunawan *et al.*, 2003). Laju pembentukan asam lemak bebas "beras cerdas" pada masing-masing suhu selama empat minggu penyimpanan berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6

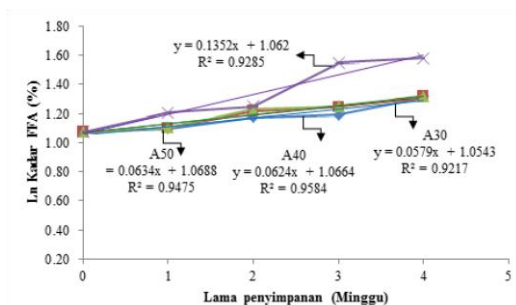
Laju terbentuknya asam lemak bebas “beras cerdas” pada berbagai suhu penyimpanan

Lama Penyimpanan (Minggu ke-)	Laju Terbentuknya Asam Lemak Bebas (%)			
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
0	2,93	2,93	2,93	2,93
1	2,99	3,01	3,02	3,35
2	3,23	3,38	3,42	3,49
3	3,30	3,47	3,48	4,70
4	3,73	3,73	3,75	4,86

Hasil pengamatan Tabel 6, menunjukkan terjadi peningkatan asam lemak bebas dari awal penyimpanan sampai akhir penyimpanan. Kadar asam lemak bebas tertinggi adalah pada suhu penyimpanan 60 °C yaitu 4,86%, kemudian pada suhu 50 °C sebesar 3,75% dan selanjutnya suhu 30 dan 40 °C sebesar 3,73 %. Kenaikan kadar asam lemak bebas disebabkan proses oksidasi lemak. Asam lemak bebas akan terbentuk selama proses oksidasi yang dihasilkan dari pemecahan dan oksidasi ikatan rangkap. Adanya pemanasan asam lemak tidak jenuh terurai akibat permukaan “beras cerdas” yang panas dan kontak langsung dengan udara. Rantai karbon dalam ikatan rangkap terputus sehingga asam lemak bebas bertambah. Plot data kurva perubahan mutu terhadap lama penyimpanan dan ln perubahan mutu (sumbu y) terhadap lama penyimpanan (sumbu x) disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Perubahan kadar asam lemak bebas “beras cerdas” pada suhu penyimpanan 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C



Gambar 5. Perubahan ln kadar asam lemak bebas “beras cerdas” pada suhu penyimpanan 30 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C

Ordo reaksi terhadap laju perubahan asam lemak bebas dapat ditentukan berdasarkan determinasi persamaan plot perubahan kadar asam lemak bebas versus waktu. Persamaan dan koefisien determinasi (R^2) berdasarkan ordo nol dan ordo satu dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7

Persamaan regresi linier untuk perubahan asam lemak bebas (Δe) orde nol dan orde satu pada “beras cerdas” pada berbagai suhu penyimpanan

Suhu °C (K)	Orde Nol		Orde Satu	
	Persamaan Linier	R²	Persamaan Linier	R²
30 (303)	$Y = 0,1903x + 2,853$	0,91	$Y = 0,057x + 1,054$	0,92
40 (313)	$Y = 0,2057x + 2,893$	0,96	$Y = 0,062x + 1,066$	0,96
50 (323)	$Y = 0,209x + 2,900$	0,95	$Y = 0,063x + 1,068$	0,95
60 (333)	$Y = 0,5218x + 2,822$	0,91	$Y = 0,135x + 1,062$	0,93

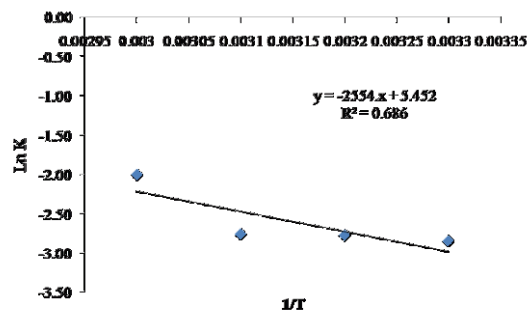
Pada Tabel 7, dapat dilihat bahwa nilai R^2 ordo satu pada suhu 30 °C dan 60 °C nilai lebih besar daripada ordo nol. Hal ini menunjukkan bahwa pada keempat suhu tersebut laju reaksi kadar asam lemak bebas akan berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi. Hal tersebut cenderung sesuai dengan pendapat Rifkowaty (2010), peningkatan konsentrasi akan meningkatkan laju reaksi, dan penurunan konsentrasi akan menurunkan laju reaksi, sehingga plot perubahan mutu terhadap waktu pada orde satu mengikuti pola *natural logarithma* (ln). Nilai k dan ln k masing-masing suhu penyimpanan pada orde nol akan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8

Nilai konstanta laju reaksi (k) dan ln k pada masing-masing suhu penyimpanan

Suhu °C (K)	Nilai K	ln K
30 (303)	0,0579	-2,85
40 (313)	0,0624	-2,77
50 (323)	0,0634	-2,76
60 (333)	0,1400	-2,00

Selanjutnya, plot nilai ln k dan $1/T$ pada reaksi perubahan kadar asam lemak bebas “beras cerdas” ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Persamaan Arrhenius untuk perubahan kadar asam lemak bebas (Δe) “beras cerdas” selama penyimpanan

Persamaan *Arrhenius* berdasarkan parameter perubahan kadar asam lemak bebas pada “beras cerdas” adalah $y = -2554,8x + 5,4525$ dengan nilai R^2 sebesar 0,686, sehingga didapatkan nilai energi aktivasi $(-E_a) = (-2554,8 \text{ K}^{-1}) \times (1,986 \text{ kal/mol K}) = -5073,83/\text{mol}$.

3.5. Umur simpan

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *Arrhenius* untuk parameter angka peroksida dan kadar asam lemak bebas “beras cerdas” berbasis Mocaf dan tepung jagung dapat ditentukan umur simpan pada suhu 30 °C dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9

Umur simpan “beras cerdas” berdasarkan perubahan mutu selama penyimpanan suhu 30 °C

Parameter Kimia	Persamaan Arrhenius	Ea “Beras Cerdas”	ln k	k	Umur Simpan (Minggu)
Angka peroksida	$Y = -713,25x + 8,167$	-1416,51	5,81	334,77	3,40
Kadar asam lemak bebas	$Y = -2554,8x + 15,452$	-5073,83	-2,98	0,05	4,73

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa parameter perubahan mutu angka peroksida “beras cerdas” memiliki energi aktivasi terkecil. Prediksi umur simpan pada “beras cerdas” didasarkan pada umur simpan yang terkecil berdasarkan perubahan mutu. Parameter perubahan mutu angka peroksida memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) lebih besar daripada nilai koefisien korelasi (R^2) kadar asam lemak bebas serta umur simpan “beras cerdas” dengan perubahan mutu angka peroksida lebih cepat daripada perubahan mutu asam lemak bebas, sehingga umur simpan “beras cerdas” diambil dari parameter angka peroksida (Kusnandar, 2004). Prediksi umur simpan “beras cerdas” pada suhu 30 °C adalah 3,40 minggu. “Beras cerdas” berbasis Mocaf dan tepung jagung memiliki umur simpan yang pendek hal ini disebabkan pada awal penyimpanan “beras cerdas” sudah memiliki angka peroksida dan asam lemak bebas yang tinggi berturut-turut yaitu sebesar 580,93 meq/kg sampel dan 2,93 % yang diduga karena minyak yang digunakan untuk pembuatan “beras cerdas” bukan minyak segar melainkan minyak yang sudah disimpan dalam jangka waktu yang lama.

4. Kesimpulan dan Saran

Pendugaan umur simpan “beras cerdas” berbasis Mocaf dan tepung jagung dilakukan selama empat minggu sesuai dengan titik kritis yang ditentukan pada saat 50% panelis menyatakan “beras cerdas” tidak layak dikonsumsi.

Pada parameter angka peroksida orde reaksi yang digunakan yaitu orde nol, sedangkan pada parameter kadar asam lemak bebas orde reaksi yang digunakan yaitu orde satu. Parameter yang sesuai untuk penentuan umur simpan adalah parameter angka peroksida dengan persamaan *Arrhenius* $y = -713,25x + 8,167$ dengan umur simpan pada suhu 30 °C sebesar 3,40 minggu.

Di dalam pendugaan umur simpan berdasarkan model *Arrhenius* sebaiknya ditentukan parameter kritis dan skor batas mutu yang tepat untuk menghindari kesalahan dalam pendugaan umur simpan bahan pangan. Selain itu, di dalam pembuatan “beras cerdas” sebaiknya lebih diperhatikan lagi bahan baku yang digunakan, penyimpanannya dan proses pengolahannya agar dihasilkan umur simpan “beras cerdas” yang lebih panjang.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Badan Ketahanan Pangan Kementerian RI dan Provinsi Jawa Timur yang telah memberikan dana dalam penelitian tahun 2012.

Daftar Pustaka

- Anonymous. (2008) Course Chapters: Kinetics. Developed by Shodor Incooperation Department of Chemistry, The University of North Carolina at Chapel Hill, WebMaster@shodor.org.
- Gacula, M. C., & Kubala, J. J. (1975). Statistical Models For Shelf Life Failures. *Journal Of Food Science*, 40(2), 404–409. Doi:10.1111/J.1365-2621.1975.Tb02212.X.
- Gumilar, P.L. (2012). Beras Cerdas Modified Cassava Flour (Mocaf) dengan Penambahan Daun Katuk dan Kacang Merah. Jember: Universitas Jember.
- Gunawan., Mudji Triatmo, M.A & Arianti Rahayu. (2003). Analisis Pangan: Penentuan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Kedelai dengan Variasi Menggoreng. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 6(3), 1-6.
- Hermanianto, J., Arpah, M., & Jati, W.K. (2000) Penentuan Umur Simpan Produk Ekstrusi dari Hasil Samping Penggilingan Padi (Menir dan Bekatul) dengan Menggunakan Metode Konvensional, Kinetika Arrhenius dan Sorpsi Isothermis. *Buletin Teknol dan Industri Pangan*, 10(2).
- Hough, G., Garitta, L., & Gómez, G. (2006). Sensory shelf-life predictions by survival analysis accelerated storage models. *Food Quality and Preference*, 17(6), 468–473. doi:10.1016/j.foodqual.2005.05.009
- Institute of Food Science and Technology (IFST). (1974). Shelf Life of Food. *Journal Food Science*, 39:861-865.
- Kusnandar, F. (2004). Pendugaan Waktu Kadaluarsa (*Shelf Life*) Bahan dan Produk Pangan : Aplikasi Progam Komputer Sebagai Alat Bantu Penentuan Umur Simpan Produk Pangan Metode *Arrhenius*. Bogor: Pusat Studi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Labuza, T.P & D. Riboh. (1982). Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in food. *Journal Food Technology*, 36, 66-74.
- Lee, S.-Y., & Krochta, J. M. (2002). Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 2022–8.

- Nielsen, S.S. (2011) *Food Analysis Laboratory Manual*. USA: Springer Science Medi.
- Rifkowsky, E.E. (2010). Penentuan Umur Simpan Tepung Fermentasi dari Sorgum Coklat var Lokal (*Sorghum bicolor* L. *Moench*) Menggunakan Metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*) RH dan Suhu. Tidak Diterbitkan. Tesis. Progam pasca Sarjana Universitas Brawijaya, Malang.
- Samad, M.Y. 2003. Pembuatan Beras Tiruan (*Artificial Rice*) dengan Bahan Baku Ubi Kayu dan Sagu. *Journal Saint dan Teknologi BPPT*, 7.
- Subagio, A., Nafi, A., Hermanuadi, D., Windrati, W.S. & Witono, Y. (2012). Pengembangan Beras Cerdas Sebagai Pangan Pokok Alternatif Berbahan Baku Mocaf. Jember: Universitas Jember.
- Sudarmadji, S. Haryono, B. & Suhardi. (1997). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.